



PtSi 肖特基势垒 红外焦平面阵列的市场前景

孙志君

文章编号：1006-883X (2000) 10-0001-08

摘要：本文全面深入地分析了 PtSi 肖特基势垒红外焦平面阵列技术的市场前景。从制作技术、像元集成度、NETD、光响应均匀性、量子效率、成品率和成本方面把 PtSi 阵列与 InSb 和 HgCdTe 阵列技术作了详细的比较，评述了 PtSi 阵列技术的发展现状和面临的现实，分析了 PtSi 阵列技术的应用范围，目前面临的市场状况和可预料的今后时间内 PtSi 阵列技术的前景。

关键词：PtSi 阵列、肖特基势垒、红外焦平面、热摄像、军用、民用、精确制导、遥感、识别、夜视、前视红外。

一、前言

红外探测是在 1~3 μm 、3~5 μm 和 8~12 μm 三个红外辐射透射窗口进行的。为了探测这三个窗口的红外辐射信号，一直在发展光子型探测器和热型探测器二种技术。相继发展起来的光子探测器技术有 PbS、InSb、PtSi、HgCdTe、InGaAs、非本征硅、GaAlAs 和 SiGe 量子阱和异质结等探测器技术，而热探测器及其焦平面阵列技术发展探索了几十年，近十年间才取得显著进展，特别是在近几年间取得了突破。这种技术有单片式 Si 微测辐射热计阵列、钛金属薄膜电阻测辐射热计阵列，VO_x 和热释电—

铁电这样的混合式阵列等。

在这些技术中，PtSi 肖特基势垒红外焦平面阵列技术取得实质性进展时曾使国内外红外界一片兴奋。今天的 PtSi 阵列技术已经成熟而投入大批量生产和系统应用，在军用和民用领域得到应用。就目前情况而言，从大规模和超大规模集成与低成本角度看，PtSi 阵列在目前和可预料的今后一段时间内仍将与 InSb、HgCdTe 阵列技术并存。

需要说明的是虽然所有这些红外焦平面阵列技术都已发展成熟并投入批量生产和系统应用，然而，在这些技术的整个发展和取得不断进步的 20 年间，硅技术一直极受重视，而且一直是重要的努力发展途径之一，即使发展到今天，硅技术及其宝贵的丰富经验仍将是红外焦平面阵列技术进一步发展和应用的基石。在某种意义上说来，没有长期高度发达的硅集成电路技术及其宝贵的经验财富，就没有今天如此先进的红外焦平面阵列制造技术。显然，除了利用硅大规模或超大规模集成技术与经验外，还有一个更为突出的因素在于获得低成本，利用实现批量大生产获得低成本系统应用的能力，进而获得在军用和民用方面都能广泛应用的能力，这是任何先进技术都必须要考虑和追求的目标。否则，无论如何先进的技术都没有实质性的意义，美、英、法、



日、加等先进国家军方最初发展红外焦平面阵列技术和一直追求的目标也正在于此。

二、PtSi 与 InSb 和 HgCdTe 红外焦平面阵列技术的发展现状比较

自 1973 年 Shepherd 和 Yang^[1]提出利用内光电子发射效应的肖特基势垒光电二极管制作红外焦平面阵列概念以来, PtSi 肖特基势垒红外焦平面阵列技术的发展已经历了 25 年的时间, 这期间从当初的初始技术迅速地发展到了 1040×1040 和 1968×1968 元^[2]的大型高密度集成阵列, 研究和生产 PtSi 阵列的公司单位迅速增加, 如 Rome 空军开发中心、休斯飞机公司、波音、洛克威尔、NEC、三菱电机、柯达、EG/Reticon 和得维·萨尔诺夫研究中心 (DSRC) 等。

1、阵列集成度

由于 PtSi 肖特基势垒红外焦平面阵列的制作是一种全硅的加工技术, PtSi 光电二极管制作工艺顺序类似于可见光硅内线转移 CCD 阵列的扩散光电二极管工艺, 因而, 制作可见光硅 CCD 的成熟工艺可直接用于制作大型或特大型 PtSi 阵列, 特别是像 2048×2048 和 5040×5040 像元这样的可见光硅 CCD 制作技术为制作 1k×1k 和 2k×2k 像元这样的特大型 PtSi 阵列展现了极为广阔的发展空间和潜力, 并提供了坚实的技术基础。如日本电气公司 (NEC)、三菱电机、柯达、得维·萨尔诺夫研究中心这些单位都已达到了 640×480、801×512 元的阵列水平, 三菱电机还制作了 1024×1024、1040×1040 元的阵列, 柯达今年还制作出了 1968×1968 元的 PtSi 阵列^[2], 把三菱的 100 万像素集成度提高到接近 400 万像素的水平, 这是迄今为止在红外焦平面阵列技术方面像元素集成度最高的, 这反映出了硅技术的强大影响力。而洛克威尔国际公司、霍尼韦尔、圣巴巴拉研究中心等已制作出的典型 InSb 和 HgCdTe 阵列为 640×480、640×512 和 1024×1024 元, 其像元集成度已达到 10⁶ 像元, 已接近 PtSi 阵列水平, 而且在像元尺寸方面, 最新柯达 KIR-3900 型 1968×1968 元

PtSi 阵列为 20×20μm², 三菱 1024×1024 元阵列为 17×17μm², 而日本东京仪器公司 (TII) 的 256×256 元中波和长波 InSb、HgCdTe 阵列都已小达 30×30μm^{2[3]}, 美国圣巴巴拉研究中心的 640×512 元 InSb 阵列像元小达 24×24μm^{2[4]}, 1024×1024 元 InSb 阵列像元尺寸为 27×27μm^{2[5]}。虽然 PtSi 阵列目前缺陷像元数可为零, 但 256×256 元和 1024×1024 元 InSb 的阵列像元数也可达 0.5% 以下, 也接近于 PtSi 阵列的制作水平。

2、NETD 性能

红外焦平面阵列的一个重要性能参数是噪声等效温差 (NETD), PtSi 阵列的 NETD 值通常在 0.1°C~0.2°C 范围内, 如 Rome 空军开发中心的 160×240 元阵列为 0.1°C^[6], 三菱 1040×1040 元阵列为 0.13°C^[7], Soronff 的 640×480 阵列为 0.18K^[8], 三菱 512×512 元 IRCSA 都提高到 0.07~0.033K^[9], 801×512 元阵列为 0.17°C^[10], 最小可分辨温差可达 0.02~0.03K, 而 InSb 和 HgCdTe 阵列 (3~5μm) 目前通常可优于 0.02K, 可达 0.01K, 如圣巴巴拉 640×512 元的 InSb 阵列^[4]。

3、量子效率

由于 PtSi 肖特基势垒红外焦平面阵列的工作机理是内光电子发射, 入射红外辐射在硅化铂层中被吸收而激发热空穴, 只有在与金属/半导体界面垂直的热空穴能量等于或大于肖特基势垒高度时, 热空穴才能越过势垒, 这种热发射使探测器释放出电荷, 而能量小于势垒高度 (Φ_B) 的激活空穴不存在任何这种发射的可能, 其量子效率由下列公式计算:

$$\eta = C_1 \frac{(h\nu - \Phi_B)^2}{h\nu}$$

由于这种工作方式, 这种探测器的量子效率通常在百分之零点几到 1%, 如柯达 2048×16 元 TDI PtSi IRCCD 阵列仅为 0.57%^[11]。而 InSb 和 HgCdTe 阵列要比 PtSi 阵列优越得多, 是 PtSi 阵列的 50~100 倍, 通常高达 50%~85%, 如日本东京仪器公司 (TII) 的 256×256、128×128 元和洛克威尔国际科学中心的 5×1024 元和 InSb 阵列的设计目标为 85% (0.9μm~5μm)。这就是说, InSb



和 HgCdTe 阵列可把入射到探测器上的 50%~85% 的光子转换成电子,其响应率要比 PtSi 阵列高达 50~100 倍,这是 PtSi 阵列望尘莫及的。

4、阵列响应均匀性

由于 PtSi 阵列的内光电子发射机理和 Si 制作技术,其响应均匀性是这种阵列突出的优势,这种阵列在红外焦平面阵列技术发展初期引起了人们的极大注意,除了可利用的硅制造工艺外,阵列光响应高度的均匀性是其最为突出的优点。据提出这种技术的谢氏讲,HgCdTe 阵列需要实际上要比 PtSi 阵列探测器大 7 倍的均匀性才能得到相同的无干扰信号效果,然而 HgCdTe 阵列的不均匀性不是比 PtSi 大 7 倍,而是低 100 倍^[13]。红外摄像中之所以很重视焦平面响应不均匀性问题是因这种不均匀性会降低阵列的性能,而且随着量子效率的改善不均匀性会更加突出,这是因为把更多的光子成功地转换成电子图像中产生的干扰信号用信号处理方法只能部分修正,因而对阵列性能的实质性限制起因为像元不均匀性响应引起的干扰信号。当然,除了制作技术而外,HgCdTe 材料的不稳定性,Hg 可脱离晶体中控制它的化学键,也是导致光响应不均匀性的问题。PtSi 阵列的光响应不均匀性为百分之零点几至 0.1%,InSb 和 HgCdTe 阵列在早期时要比 PtSi 阵列高数十倍以上。但由于采用 MBE 和 MOCVD 新外延先进技术或采用量子阱结构,目前的阵列光响应不均匀性<5%,甚至可达 0.05%^[3]。洛克威尔国际科学中心的 TCM6000 型 640×480 元 HgCdTe 阵列^[12]的实测值小于 1.6%~1%^[12],这个值已与 PtSi 阵列不相上下。

5、有效工作像元概率

早期制作 PtSi 阵列所涉及到的一个问题是焦平面中存在着数量较为明显的缺陷像元,即无效不工作像元。这些缺陷像元在景物红外图像中表现为白点,只能用信号处理技术部分校正。RADC 和 Hanscom 空军基地等单位,在八十年代用了十来年的时间,年平均耗资 120 万~400 万美元^[13]终于解决了这一问题,使整个阵列中仅有个别缺陷像元。由

于制作技术的改进 InSb 阵列已可达到 0.5%^[3],但 HgCdTe 阵列难度大些,在 0.3%~2.5% 左右^[12],圣巴巴拉研究中心的 640×512 元的 InSb 阵列像元可工作率大于 99.5%,典型值为 99.9%,显然其阵列制作技术水平是极高的,这一水平与 PtSi 阵列制作水平的差距也不大。

6、生产成本

红外焦平面阵列技术的推广应用取决于诸多因素,但其中低成本是一个关键的因素。PtSi 技术是一种全硅技术,成熟的硅加工技术是这种阵列大批量生产实现低成本的保证。实际上日本三菱电机公司的 PtSi 阵列制作和生产就是在存储器件的同一条生产线上进行的,其生产制作方法与半导体硅存储器芯片相同。美国 RADC 的 30 万像素 PtSi 阵列最终生产成本约为 1000 美元^[12],每个像元的生产成本约为 1 美分^[12],加上 77K 工作制冷器,合计成本约为 5000 美元。而 InSb 和 HgCdTe 阵列的像元生产成本在十年前已降到 9 美元以下,目前的系统应用成本已降到 10 万美元以下。1998 年 10 月日刊《映像情报》公布的三菱电机公司 IR-M700 801×512PtSi 阵列摄像机售价为 750 万日元,切洛(千ノ)公司 320×240 元 CPA550PtSi 阵列摄像机为 580 万日元,与该公司的 CPA50 320×240 元非致冷微测辐射热计阵列摄像机价格一样^[14]。PtSi 阵列的低成本一直是引人注目的,目前的 PtSi 阵列每像元的生产成本在 1~50 美分左右。而 NEC TH3101 255×207 元 HgCdTe 摄像机、TH3104 MR 255×207 元 HgCdTe 阵列电子致冷摄像要的价格在 380 万日元~400 万日元,其测温范围-10°C~2000°C,比 CPA550 320×240 元 PtSi 像机的-20°C~1000°C 还宽。因此,由于近十年来发展的 3~5μm 波段工作的 InSb 和 HgCdTe 阵列生产成本也都接近于 PtSi 阵列,早先存在的大距离已大大缩小。

综上所述,就目前情况而言,原来 PtSi 阵列在使用 Si 技术获得低成本和高度均匀性方面的优势由于近十年来间 InSb 和 HgCdTe 阵列技术在制作方面获得的突破已大为逊色,当然 PtSi 阵列在最小可分



辨的温差方面也取得了很大进展，然而量子效率远低于 InSb 和 HgCdTe 阵列是不会改变的；InSb 和 HgCdTe 阵列由于在制作技术和性能方面取得的重大的进展，成本已大幅下降，与 PtSi 阵列的巨大差距已大为缩小，这对 PtSi 阵列的前景投下了巨大的阴影，但硅技术易于制作、低成本和本身固有的高度均匀性使之目前和近期仍有一定的竞争能力。

三、应用市场

PtSi 阵列的优点有三：一是高度的光响应均匀性和信噪比，因为红外系统性能主要取决于外电路对不均匀性和各种参照温度的补偿能力；二是 $1/f$ 噪声不明显，焦平面阵列中的 $1/f$ 噪声需使用斩波器或热参照技术除去低频漂移的麻烦技术，这对于导弹寻的器这样的小空间和低成本应用是不能接受的，而 InSb 和 HgCdTe 阵列的 $1/f$ 拐点几赫到几百赫；三是采用硅技术实现低成本应用一直是支撑该技术推广应用的主要基石。

1、军用市场

军用市场一直是红外焦平面阵列技术的主要应用市场，PtSi 阵列也是如此。

战术武器的精确制导

PtSi 阵列技术的发展成熟用了 15 年的时间，八十年代末已正式批量地用于战术导弹自动寻的器。美国海军、陆军和空军看重这种阵列技术的低成本和用于战术导弹的批量应用潜力，如反舰巡航导弹、地对地导弹和直升飞机发射的空地战术反坦克导弹寻的器，休斯飞机公司为汉森（Hanscen）空军基地研制了 488×512 元 PtSi 阵列^[13]，休斯是用 4 英寸硅片制作的，一个片子上可制作出 20 个阵列芯片，主要用于非视线性战术制导导弹，为此目的，汉森空军基地 80 年代每年的基本技术开发经费达三、四百万美元。Rome 空军开发中心制作了无缺陷像元阵列，使 PtSi 阵列像元可工作率几达 100%。PtSi 阵列的低成本是这一应用领域最引人注目的，是一个大的应用市场。

夜间短、中、长距离战场红外识别系统

美军用 256×256 元或 320×240 元 PtSi 阵列便携式红外摄像机已有十几年的时间了^[15]。由于在技术方面作了改进，读出和修正电路都做得很小，制冷装置采用小型化斯特林制冷器，1993 年报导的 256×256 元 PtSi 焦平面阵列手提式红外 CAM 摄像机，以及其后改进的 Mill CAM 摄像机^[15]后续产品功耗小达 6W（电池作电源），采用模块设计方案，配备广角镜头、卫星定位仪和激光测距仪等，适用于短、中距离战场监视识别，配备双视场透镜镜头还可长距离监视，热图像极为清晰。

日本三菱电机公司的先进技术研究开发中心 1977 年公布的 IR-M700 型 801×512 元 PtSi IRCSD 红个焦平面阵列便携式摄像机^[10]，NETD 为 0.076°C ，最小可分辨温差（MRTD）为 0.17°C ，体积仅 4.2 升，重 5kg，真可谓高分辨率、高灵敏度、小体积和轻量化。

机载、车载和舰载前视红外（FLIR）系统

前视红外系统在现代军事应用方面应用量极大，作为现代军用夜视手段，以电视制式工作的前视红外系统已广泛地装备军用飞机、坦克、装甲车、汽车和各种舰船，大大地拓展了现代军用武器的使用时间和空间，提高了武器装备的机动灵活性、攻击能力。小型化高性能的 PtSi 阵列热摄像机在这方面具有批量应用潜力，其 3~4 美分/像元的低成本是这一应用的基本保障和具吸引力的推动力量。

以色列飞机工业有限公司和美国新泽西州 Sornoff 公司 FPA-GMC $T640 \times 480$ 元 PtSi 阵列装备的新式机载应用 PtSi 万向支架 FLIR 系统，扫描方位角 360° ，迎角范围 $+15^\circ \sim 105^\circ$ ，该系统已在 1997 年间作了野外测试，由于较高的图像质量和分辨率，因而适用于夜视、目标跟踪识别。

机载红外大面积战场实况侦察

由于 PtSi 阵列的有效工作波长为 $3 \sim 5 \mu\text{m}$ ，不适用于观察监视空间再入飞行器之类的目标，这种目标的红外辐射波长为 $8 \sim 12 \mu\text{m}$ 。由于 PtSi 阵列量子效率 1% 左右，空间应用要考虑这一因素。

大面积战场战术侦察，如地面部队的调动，飞



机、车辆和兵力布署必须及时侦察整个现场全景，从杂乱的背景中把目标分辨出来，这对于现代军事指挥决策是极其重要的，关系着军事使命的成败命运，PtSi 阵列最小可分辨的温度能力在这一方面的应用无疑是适用的。低成本高密度集成像素的大型 PtSi 阵列传感器在这一方面的应用是吸引人的，因为这种机载遥感式的侦察方式不仅适用于军事，而且还适用于民用。日本三菱电机公司的 PtSi 阵列技术发展处于世界领先地位，已制作了 IR-G600 型高分辨率飞机/无人驾驶飞机 PtSi 热成像仪^[16]，该机用斯特林循环致冷器致冷工作，重量仅 15 磅，平均无故障时间为 8000 小时以上，使用 512×512 元的 PtSi 阵列，工作波长为 1.2~5.9μm，最小可分辨温度为 0.08°C，外型尺寸小达 7×8×8 英寸，1996 年报价为 9000 美元，该机可在 1~3μm 和 3~5μm 二个红外探测波段，在军用方面用于地面遥感等很有潜力，1997 年三菱公司推出的 IR-700 型小型 PtSi 阵列热像仪也适用于侦察监视应用，其像元分辨为 512×801 元，410000 像元，功耗 45W，工作波段 1.2~5.9μm^[17]。

红外搜索与跟踪系统告警传感器

海军在现代政治军事活动中起着越来越重要的作用，许多国家的海军活动都带有全球意义，因此海军装备造价也极为昂贵。现代导弹技术的日趋发展，特别是掠海面飞行巡航导弹反舰武器技术的发展，严重地威胁着舰船生存，不少国家都在大力发展巡航导弹先进技术，目前世界上已有 100 多个国家有能力发射巡航导弹。为提高海军舰船的自下而上能力，防护巡航导弹等先进反舰武器的袭击，世界上各先进国家都在竞相发展新一代采用红外焦平面阵列技术的红外搜索与跟踪导弹告警系统技术。

虽然目前的巡航导弹大多为亚音速的，但为了防御这种低空飞行导弹，防御系统反应时间必须短，拦截技术必需高精度。由于雷达系统工作波长比红外传感器长的多，雷达把目标定位于其工作波束的宽度范围内，一般为 1rad 或 17mrad 左右，初始的宽视场传感器捕获的目标精度为 0.2rad，而其窄视场传感器的捕获精度可达 14μrad，必须要求有更为

先进的探测传感器，红外传感器精度要比雷达高五个数量级。处于主动段的导弹红外特征主要来自其自身排出的尾部羽烟辐射，这在 3~5μm 中红外波段内显得最亮，该波段既接近于长波长热辐射波段，也与更短波长太阳辐射波长靠近，该波段显然是红外导弹探测技术的理想波段。这一波段工作可供选择的红外阵列探测器除了 InSb、HgCdTe 阵列外，还可选择 PtSi 阵列，其阵列可小可大，即 128×128 元到 1968×1968 元，远大于目前的 InSb 和 HgCdTe 640×480 或 1024×1024 元，又因为是硅技术，易于制造、成本低，均匀性会更好。就目前和近期技术状况而言，PtSi 阵列仍不失为可接受的选择方案。

美国的陆、海、空三军都在发展采用先进二维红外焦平面凝视阵列的红外搜索与跟踪红外导弹告警系统，如赖特实验室与防空武器组发展的红外导弹告警传感器^[18]，美刊惊呼，反舰巡航导弹是美海军水面舰只的重大威胁^[19]，海军与洛克威尔马丁公司和休斯飞机公司签订的为期 2 年，总价值 1490 万美元的舰载红外搜索与跟踪巡航导弹防御系统发展合同^[20]，其目的在于为其海军舰船提供低误警率、高精度目标探测跟踪数据，英、法、新加坡等国都在发展这种技术^[21]。美国雷声/辛辛那提设备公司的 AAR-AA (V) 红外导弹告警系统 1998 年夏天已在英国接受了现场攻击试验，罗斯诺普格鲁曼公司的新式红外导弹告警系统 MIMS-2000 是一种多图像多光谱红外传感器系统，可与洛克希德马丁公司 AAR-57 通用紫外导弹传感器互换，使用 AAR-58 的任何飞机均可改装为 MIMS-2000，洛克希德马丁公司红外导弹告警系统与用于 F-22 的机载红外搜索与跟踪系统 AAR-65 相似，由于 F-22 装备了新型的机载红外搜索与跟踪系统，实现了全被动式搜索与跟踪，不必用雷达，提高了 F-22 的隐身能力^[22]。据外刊报导，美国空军估计，在下一个十年间，制造巡航导弹的国家将从目前三个国家（即美、俄和法）增加到九个国家，到 2015 年前，除俄罗斯和中国市场外，将达 6000~7000 枚反舰巡航导弹 (ASCM)^[23]。

总之，在军用市场方面，由于 PtSi 阵列高度的



均匀性和低成本,采用硅技术易于实现高密度如 100 万 (1024×1024) 和 (2048×2048) 元的大型或特大型阵列,因而在 3~5 μm 应用的中等性能战术武器装备应用方面是适用的,尽管面临着技术上取得突破进展的 InSb 和 HgCdTe 阵列技术的竞争,但 PtSi 阵列在可预料的时间内仍将是军用战术武器系统设计者可以考虑和采用的方案之一。

2、民用市场

由于近些年来红外焦平面阵列技术取得的突破性进展,技术上的成熟和大批量投产,性能显著改善,成本大幅度下降,应用范围日益扩大,不但在军用领域,而且在民用领域也得到了推广应用。红外焦平面阵列技术具有广阔的应用市场。据美国 Mexteech 国际公司 1998 年提供的一份市场报告表明,由于技术上的成熟,特别是非致冷红外焦平面阵列技术的迅速发展可望在 2002 年红外热成像技术和红外测温技术市场达到 12 亿美元^[24]。

冷战以后,各先进国家在继续加紧发展更为先进和适用的军用红外热摄像技术的同时,也将军用红外技术逐渐转向民用,实行军民两用的体制,但商用市场正在稳步增长,年增长率为 20%,较之 90 年代初的 1%,这个数字是很大的,其中 HgCdTe 阵列仍占市场 50%,其次是 PtSi、PbS、Ge 和 -V 族化合物传感器^[25],因此,在整个市场中,PtSi 阵列占的比例并不大,然而,由于 InSb、HgCdTe 阵列技术,特别是非致冷红外焦平面阵列技术的成熟,PtSi 阵列的这一竞争能力将进一步面临着更加严峻的考验,因为 PtSi 阵列工作仍需严格的制冷技术。

PtSi 阵列热摄像机在民用方面应该说是具有相当潜力的,但由于仍需使用斯特林制冷到 77K 工作,价格与非致冷阵列相比仍很贵,民用难于接受,特别是大批量应用时,因而其应用范围大受限制,而且用量极为有限。主要应用范围为:

天文观察

天文观察应用方面使用量是个别的,不是批量性。这种应用的观察波长为可见光到短波红外,PtSi 阵列的光响应可从紫外区延伸到近 5 μm 区,日本三

菱电机公司的 512×512 和 1040×1040,柯达的 1968×1968 元的大型高分辨率的 PtSi 阵列都是适用的,东京大学木曾观察所的 105cm 斯密特式天文望远镜已装上 1040×1040 元的 PtSi 阵列,58K 工作时噪声电子仅为 30 个电子^[26]。

星载遥感

该领域的应用量也不大,它是把 PtSi 阵列安装在离地球表面数百公里的太阳同步轨道卫星上观察地球表面的阳光反射,这实际上是一种地球资源卫星,卫星观察范围达数十公里,要求分辨率为 3~5m,如日本 1992 年的 JERS-1 号卫星(日本地球资源卫星)和 1998 年夏天发射的地球观察系统 EOS-AM1,这种应用中,日本采用的是 PtSi 线阵列,1992 年的共用了 4 个 4096 线阵列,即每个芯片 4 个波段,每个波段有 4096 个像素,而 1998 年的 EOS-AM1/ASTER 系统则用了 6 个 2100 元的线阵列,每个芯片上有 6 个波段,每个波段有 2100 个像素^[26]。

其它

如公安执法的缉毒和消防,保密机关和重要部门、金融系统如银行、储蓄所的安全防范监视、机场夜间监视、飞机、轮船和火车的夜视、医疗诊断和产业测温监控(如生产线上测温等)和先期性故障检测与维护(如输电线路、火车、发电厂和各种设备)等,像 InSb 和 HgCdTe 焦平面阵列(3~5 μm)可用部门都可采用 PtSi 阵列技术,只是由于仍居于几万到十万美元高价的整机应用限制了其大批量的推广应用,民用难于接受高价应用,同时由于非致冷红外焦平面阵列的大批量投产和进入普及性的民用市场,不但 InSb 和 HgCdTe,而且 PtSi 焦平面阵列的应用和需求量都将会大幅度下降。

四、结论与前景展望

在非致冷红外焦平面阵列技术取得突破性进展前,PtSi 阵列因其制造工艺与硅工艺兼容,可直接利用发展成熟的 MOS 存储器和可见光硅 CCD 大规模集成技术,易于实现低成本的 1024×1024 元或 2048×2048 元的大型或特大型高密度和高质量的红



外凝视焦平面二维阵列其低成本、高密度的集成和0.5%的像元光响应不均匀性是当时的红外焦平面阵列中最吸引人,在批量性应用方面具有显著的优势。

由于 MOCVD 和 MBE 等先进半导体外延制作技术的采用, InSb 和 HgCdTe 焦平面阵列技术取得飞速的进展,高密度 640×480 元乃至 1024×1024 元阵列的实现,成品率迅速提高,阵列均匀性目前已与 PtSi 阵列接近,像元成品率已达到 99.5%,产品成本大幅度下降,已接近于 PtSi 阵列,而且 InSb 和 HgCdTe 阵列灵敏度、量子效率等参数性能大大优于 PtSi 阵列。因此,就 InSb 和 HgCdTe 阵列目前状况而言, PtSi 技术在制作均匀性和低成本方面的固有优势已大为降低,而且在阵列性能方面如量子效率和灵敏度等明显劣于 InSb 和 HgCdTe 阵列,因而竞争能力与成功机率缩小。

由于近几年非致冷红外焦平面阵列技术的成熟和广泛应用于军用和民用,由于取消了制冷要求,可在几个红外透射窗口响应均匀地工作,比 PtSi 技术更低的成本、高密度和便携式小型化和微型化的红外热摄像系统,特别是可低至 1000 美元级的水平,这在军用和民用大批量、低成本的广泛推广应用中, PtSi 阵列更加难于与之竞争。所以在目前和可预料的时间内将会出现下面 2 个趋势:

1、由于 InSb、HgCdTe 和非致冷红外焦平面阵列的飞速发展, PtSi 阵列技术面临着激烈的竞争,前景将是十分严峻的, PtSi 阵列目前有限的国内需求量和市场将受到强烈的挤压;

2、由于 PtSi 阵列技术固有的优势,仍可与 InSb、HgCdTe 和 GaAlAs 量子阱红外焦平面,甚至非致冷焦平面并存,仍是系统设计者们可以考虑和采用的方案之一。

参考文献

1. F. D. Shepherd and A. C. Yang, IEEE IEDM Digest, PP.310~313(1973).
2. Lasers&Optronics, 1995.5.
3. Optronics (オプトロニクス) 1998.6.
4. M. A. Goodnough et al, SPIE, Vol. 3061,

PP140~149(1997).

5. Albert M. Fowler, SPIE, 2816(《红外》1999, No. 2~No.3).
6. James E. Murgula et al, Opt. Eng. 1990. 7, 29(7), 786~794
7. Akira Akiyama et al, Opt. Eng. 1994. 1. 33(1), 64~71
8. D. T. Sauer et al, SPIE, Vol. 1308, 81~86(1990)
9. Hirorund Yagl et al, Opt. Eng. 33(5), 1454~1460(1994)
10. M. Inoue et al, SPIE, Vol. 3061, PP150~158(1997)
11. M. T. Daigle, SPIE, Vol. 1308, 88~99(1990)
12. Laster. J. Koziowski, Opt. Eng. 33(5), 59~63(1994)
13. AW & ST, March 27, 1989, PP51~62
14. 映像情报, 1998. 10, PP68~71
15. LFW, Jan, 1997, PP111~115
16. AW & ST, Jan, 1996
17. Phonics, 31(3), 1997.3
18. 红外, 1998. No. 11, PP20~26
19. P. E. Pale et al, Joun. E. D. Nov. 1998, PP51~56
20. AW & ST, Aug 19, 1996
21. J. M. Missiroan et al, SPIE Vol. 3061
22. P. J. Klass, AW& ST, March 30, 1998(红外 1999.6 PP23~26)
23. P. E. Pace & LT G. D. Burto, Joun. ED, Nov. 1998, PP51~56
24. Lasers & Optronics, April 1998
25. LFW, Vol. 34, No. 5. PP25
26. 光学, Vol. 27. No. 8, PP418~422(1998)
27. 孙志君编,《焦平面阵列技术》(1~4册)

Market Outlook of PtSi Shottky-barrier IR FPA

Abstract: Here is in detail analyzed the market outlook of PtSi Shottky-barrier infrared focal plane arrays. By comparing fabrication technologies, pixel integration capability, NETD, photo-response non-uniformity, quantum efficiency, yield and produce cost of PtSi IR FPAs with those of the InSb and HgCdTe IR FPAs, reviews the development status, PtSi IR FPAs are faced with the challenge, analyses the application ranges of the PtSi IR FPAs, their current market situation and outlook for the expected time.



市场分析

Market Analysis

<http://www.sensorworld.com.cn>

Keywords: PtSi array, Shottky-barrier, IR, FPA, thermal imaging, military applications, civil applications, accurate guide, remote sensing ,recognition, night vision, FLIR

作者简介

孙志君：信息产业部电子第四十四研究所情报室
重庆市南坪花园路 14 号（南坪 2514 信箱）
邮编：400060 电话：023-62814485-3148
读者服务卡编号 001